

УДК:616.12-008.3-073.96:612.171.1:612.172.2

Л.Г.Нахамчен

## КАРДИОРИТМОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА

## РЕЗЮМЕ

В обзоре литературы освещены вопросы диагностики функционального состояния сердечно-сосудистой системы, целостного организма на основе кибернетического анализа вариабельности ритма сердца. Описаны физиологические принципы метода, изменения основных параметров кардиоритмограммы при различных физиологических и патологических состояниях. Приведены собственные материалы по исследованию сердечного ритма у беременных женщин.

## SUMMARY

L.G.Nahamchen

## CARDIORHYTHMOGRAPHY IN FUNCTIONAL BODY STATE EVALUATION

**Diagnostics problems of cardio-vascular system state, the whole body, based on cybernetic analysis of cardiac rhythm variability are highlighted in literature review. Physiological principles of the method, main parameter changes on cardiorythmogram in different physiological and pathological conditions are described. The author's own data on cardiac rhythm study in pregnant women are given.**

В настоящее время оценка функционального состояния организма чаще всего производится с учетом показателей, характеризующих ту или иную систему или нескольких систем. В основе такого метода лежит сравнение полученных результатов исследования у конкретного пациента со среднестатистической нормой для каждого показателя: чем ближе полученные результаты к границам нормы, тем более благоприятно оценивается состояние. Такой подход во многих случаях вполне оправдан. Однако, использование его, во-первых, не всегда корректно для оценки состояния организма в целом и, во-вторых, не позволяет составить представление о "напряжении", благодаря которому поддерживается видимое благополучие.

Именно поэтому многие научные изыскания в последние три-четыре десятилетия были направлены на поиск, разработку и обоснование объективных методов исследования, позволяющих оценивать состояние организма, причем с учетом достаточно ограниченного количества показателей, и получить ответ о работе адаптационно-приспособительных механиз-

мов, благодаря которым оптимизируются взаимоотношения между органами и системами, а также организма с окружающей средой. Многими исследователями предпринимались попытки интегрально оценить функциональное состояние целостного организма именно по общему напряжению приспособительных механизмов [4,43,45]. В соответствии с известной концепцией [4], сердечно-сосудистая система (ССС) может рассматриваться как индикатор адаптационно-приспособительной деятельности целостного организма, так как она оперативно реагирует на все изменения потребности отдельных органов и систем, обеспечивает согласование кровотока в них с гемодинамическими параметрами на организменном уровне, а в целом деятельность ее направлена на обеспечение необходимого уровня функционирования всего организма. Результирующим проявлением функционирования ССС и регулирующих ее механизмов является поддержание необходимого ритма сердечных сокращений. Формирование этого ритма и управление им происходит в результате сложных нейрогуморальных и гормональных влияний. В упрощенном виде систему регуляции сердечного ритма (СР) можно представить в виде двух контуров: центрального и автономного [4]. Контур центральной регуляции СР - источник корригирующих воздействий на синусовый узел через нервно-гуморальные каналы. Он обеспечивает перестройку функциональной деятельности организма в связи с изменяющимися условиями внешней среды, гомеостатическое регулирование взаимодействия физиологических систем внутри организма, уравнивание различных параметров внутри отдельных систем, приспособление сосудистой системы к изменениям ударного объема и минутного объема крови. Контур автономной регуляции представляет собой систему "синусовый узел - ядро блуждающего нерва". Здесь потенцируются дыхательные колебания продолжительности сердечного цикла.

Специфика регуляции сердечной деятельности со стороны центральной (ЦНС) и вегетативной нервной систем (ВНС), проявляющаяся в колебаниях СР, предоставляет возможность исследователю получить информацию как о степени преобладающего влияния регулирующих механизмов различного уровня, так и о работе сердца, состоянии организма в целом. Используя методы оценки изменений степени влияния регулирующих механизмов в ответ на различные раздражители - физические (пробы с физической нагрузкой, клино-ортостатические воздействия, изометрическая нагрузка) [12,16,46], психические (умственный труд, сообщение о результативности деятельности) [6,50], фармакологические препараты

[7,30,40,54], изменения режима дыхания [18,34], можно получить информацию о состоянии адаптивно-приспособительных механизмов, составить прогностическую оценку состояния организма.

Уровень функционирования физиологической системы зависит от степени централизации управления. В нормальных условиях (покой) автономная деятельность низших уровней не требует участия в регуляции высших [4]. Последние участвуют в этих процессах только когда необходима координация деятельности нескольких подсистем, например, при действии на организм возмущающих факторов. Чем сильнее воздействие центрального контура на автономный, т.е. чем выше централизация, тем более задействованы в поддержании гомеостаза адаптивно-приспособительные механизмы регуляции.

Внедрение математических методов исследования в медицине и биологии позволило на качественно новом уровне получить на основе анализа активности синусового узла по изменению длительности периодов между сердечными сокращениями (R-R) объективное представление о состоянии как регуляторных механизмов, так и общей реакции ССС на различные воздействия.

Уже нет необходимости доказывать, что информация о том, как формируется сердечный ритм содержится в его структуре, закодирована в последовательности кардиоинтервалов. Общий подход к оценке variability ритма сердца заключается в том, что более высокие (центральные) уровни управления являются ингибиторами активности более низких (автономных), период колебаний СР связан с уровнем управления: чем больше период, тем выше уровень управления [4].

Наиболее изучены колебания частоты сердечных сокращений, связанные с функцией дыхательной системы, так называемая дыхательная синусовая аритмия: укорочение кардиоинтервалов связано с началом вдоха (угнетение блуждающего нерва), во время выдоха происходит их удлинение (раздражение блуждающего нерва) [48]. Прямая связь таких колебаний СР с интенсивностью парасимпатических влияний доказана и в экспериментальных работах [60,62].

Использование вычислительной техники значительно упростило выделение помимо дыхательных колебаний СР и недыхательные составляющие этих колебаний: медленные волны (МВ) первого порядка с периодами от 10 до 30 с (волны Траубе-Геринга) и МВ второго порядка с периодами от 30 до 90 с (волны Майера). МВ сердечного ритма принято считать проявлением активности модуляторного сердечно-сосудистого центра, включающего вазомоторный, кардиостимуляторный и кардиоингибиторный центры и обеспечивающего регуляцию артериального давления, минутного объема кровообращения и сосудистого сопротивления через посредство вагусных тормозных и симпатических возбудительных волокон [45]. Усиление МВ указывает на активацию подкорковых нервных центров, т.е. на централизацию управления СР.

Использование метода кардиоритмографии (КРГ) или кардиоинтервалографии предполагает для оцен-

ки состояния ССС и регулирующих ее механизмов использовать наряду со спектральными методами исследования и анализ статистических показателей. Основные из них: диапазон наиболее часто встречающихся интервалов R-R (длительность интервала между сердечными сокращениями, в сек) - мода ( $M_o$ ) - отражает влияние центрального контура регуляции на автономный по гуморальным каналам; наиболее часто выявляемые значения R-R - амплитуда моды ( $A M_o$ , %) - отражает влияние центрального контура регуляции на автономный по нервным каналам, характеризует степень симпатических влияний на сердце, стабилизирующий эффект централизации управления ритмом сердца;  $\Delta x$  - вариационный размах, отражает активность парасимпатического отдела. Используются также среднеквадратичное отклонение R-R (СКО или  $D_x$ ), коэффициент вариации (КВ) [17,32,48,56].

Для получения этих показателей используется построение кардиоритмограммы - графики интервалов R-R за определенный промежуток времени: по оси ординат откладываются значения интервалов в секундах, по оси абсцисс - порядковые номера интервалов; по верхним точкам ритмограммы можно очертить огибающую, по форме которой некоторыми авторами выделяются классы ритмограмм [15,24], позволяющие получить дополнительную информацию о характере вегетативной регуляции СР, механизмах адаптации СР и гемодинамики к изменившимся условиям функционирования ССС, а также могут быть использованы для динамического контроля в процессе лечения, реабилитационных мероприятий. Отсутствие единой медицинской концепции анализа кардиоритмограмм затрудняет анализ, сравнение результатов исследований, полученных разными авторами, так как используются для этого анализа различные индексы и показатели. Наиболее часто встречающиеся: индекс вегетативного равновесия -  $I B P = A M_o / D_x$  - определяет соотношение симпатической и парасимпатической регуляции сердечной деятельности [48]; вегетативный показатель ритма -  $V P P = 1 / M_o \times D_x$ , позволяет судить о вегетативном балансе: чем меньше величина ВПР, тем больше вегетативный баланс смещен в сторону преобладания парасимпатической регуляции [49]; показатель адекватности процессов регуляции -  $П A П = A M_o / M_o$ , отражает соответствие между уровнем функционирования синусового узла и симпатической активностью [48]; индекс напряжения -  $I H = A M_o / 2 \times D_x \times M_o$ , отражает степень централизации управления сердечным ритмом [4].

Для анализа функциональных возможностей ССС, ВНС, состояния организма широко используется изучение изменений показателей СР в ответ на возмущающие воздействия. По результатам изменений колебательных составляющих СР представляется возможным судить о вкладе ВНС, участии центрального контура регуляции в этом процессе и на этой основе составить представление о функциональном состоянии ССС, дать прогностическую оценку состояния организма. Унифицированных функциональных проб для оценки вышеназванных составляющих нет. Выбор ее вида осуществляется с учетом

представления исследователя о характере того или иного воздействия на изучаемый объект, степени интенсивности этого воздействия, материально-технического оборудования соответствующих лабораторий и кабинетов, используемого программного обеспечения.

Общий подход к интерпретации результатов функциональных проб заключается в оценке регуляции СР в покое, на фоне воздействия возмущающих факторов и в восстановительном периоде.

В настоящее время широко распространены среди нагрузочных проб, особенно в спортивной медицине, кардиологии, пробы с дозированной нагрузкой на велоэргометре (ВЭП). Анализ КРГ в процессе выполнения ВЭП дает информацию о функциональном состоянии ССС, ее адаптации к различным уровням физической нагрузки. При этом имеется возможность оценить уровень централизации управления СР на различных этапах нагрузки, состояние вегетативного гомеостаза, что позволяет сделать заключение об адаптационных возможностях ССС. Исследование ряда физиологических параметров в период восстановления СР позволяет оценить функциональный резерв организма и прогнозировать переносимость последующих нагрузок [45].

Изменение режима функционирования ССС наиболее просто достигается за счет изменения ориентации тела пациента в пространстве. При переходе из горизонтального положения в вертикальное у здоровых людей возникает умеренное перераспределение крови в вены нижних конечностей, часть жидкой фракции крови под влиянием гидростатического давления фильтруется из сосудистого русла, снижается ударный объем. Активация в это время симпатического отдела ВНС обуславливает увеличение частоты сердечных сокращений [48], изменение общего периферического сосудистого сопротивления, тонуса вен нижних конечностей, в результате чего минутный объем кровообращения снижается значительно меньше, чем ударный.

Степень изменения описанных выше гемодинамических параметров зависит от характера ортостатической пробы (ОП). Наиболее выражены они при активном ее варианте, так как при его выполнении на характер изменений гемодинамики, перераспределения крови оказывают влияние не только гидростатическое давление, сила тяжести, но и активная деятельность мышц нижних конечностей, живота [24]. Последняя исключается при пассивной ОП, но ее проведение требует специальных, достаточно громоздких приспособлений. Некоторые авторы считают, что наиболее объективную информацию о характере регуляции СР можно получить при исследовании пациентов в положении лежа и сидя [35]. Кроме того, использование такой пробы, по их мнению, расширяет спектр ее клинического применения из-за возможности использования при обследовании лежащих больных.

Значительно расширяется диагностическое значение КРГ с внедрением оценки характера регуляции СР в течение нестационарных процессов, т.е. непосредственно в момент выполнения пробы. Принято выделять две фазы переходного процесса (изменения

ритма сердца в момент ОП). Первая фаза переходного периода (ПП) - первоначальное учащение СР при перемещении в вертикальное положение - отражает уровень хронотропного резерва сердца и позволяет судить о его функциональном состоянии. Амплитуда максимального учащения СР характеризует степень активации симпатического отдела ВНС. Вторая фаза - последующего урежения ритма - связана с угасанием хронотропной реакции и обусловлена, в основном, эффективностью рефлекторной вазоконстрикции [42], т.е. оценка второй фазы позволяет охарактеризовать состояние сосудистого тонуса, изменяющегося в результате ответного (на активацию симпатического отдела ВНС) повышения парасимпатического тонуса [11]. Продолжительность первой и второй фаз ПП связывают с быстротой активации соответственно симпатического и парасимпатического отделов ВНС. Эта связь была доказана посредством изучения динамики СР во время ПП на фоне блокады анаприлином симпатического и атропином - парасимпатического отделов ВНС [30].

Даже качественный анализ ПП позволяет получить дополнительную информацию о вегетативном влиянии на СР. Так, если для здоровых людей характерен трипериодический тип ПП: отчетливо выделяются первая, вторая фазы и волна перерегуляции СР, наличие бипериодического ПП характерно для активации центрального контура регуляции СР [27], а огибающая КРГ в виде экспоненты свидетельствует о выраженном снижении парасимпатических влияний на СР. Такие же изменения могут быть при выраженной патологии кровообращения, на фоне значительного снижения адаптационных резервов сердца и истощения регуляторных механизмов ВНС.

В последние годы введены понятия "быстрой" и "медленной" фаз ПП [32]. Начало быстрой фазы соответствует моменту ортостатического воздействия, конец - точке максимального урежения пульса после первоначального учащения (первая и вторая фазы ПП). Часть ритмограммы после быстрой фазы до точки относительной стабильности СР - медленная фаза ПП, в течение которой происходит окончательное перерегулирование нейро-рефлекторных и гуморально-эндокринных механизмов с выходом на новый уровень функционирования или возвращения к исходному.

Оценка состояния ВНС, ССС, функционального состояния организма на основе кардиоритмографии используется во многих направлениях медицины. Описаны возрастные изменения механизмов регуляции СР у детей раннего [53], школьного возраста [6, 19] и взрослых [25, 39]. Установлено, что у школьников младшего возраста регуляция СР обеспечивается сочетанием воздействия недостаточно зрелых симпатических механизмов регуляции и проявления недостаточно выраженных влияний парасимпатических механизмов. При этом некоторые половые отличия регуляции СР регистрируются уже в 7-летнем возрасте [19]. С возрастом постепенно усиливается воздействие механизмов саморегуляции синусового узла. У взрослых наблюдается относительное равновесие двух отделов ВНС [1]. Прямо пропорционально продолжительности жизни возрастает симпа-

тическое влияние на РС. Происходит это на фоне ослабления влияния обоих отделов ВНС, но преимущественно парасимпатического, т.е. происходит снижение качества регулирования СР, реактивности регуляторных механизмов ВНС [30]. При старении гуморальное влияние на СР и на тонус кровеносных сосудов относительно увеличивается, что приводит к некоторому увеличению артериального давления. Увеличивается с возрастом и число людей, у которых выявляется "напряжение" механизмов регуляции по симпатико-тоническому типу [41].

Изучение регуляции сердечного ритма у спортсменов показало, что у тренированных лиц преобладает тонус парасимпатического отдела ВНС [1]. Степень напряжения регуляторных механизмов у них значительно менее выражена, чем у нетренированных лиц или лиц с ослабленным здоровьем. Установлены особенности функционирования ВНС, механизмов адаптационно-приспособительной деятельности в зависимости от спортивной специализации. У представителей циклических видов спорта, тренировочный процесс которых в основном направлен на развитие аэробных возможностей организма, по сравнению с представителями ациклических видов спорта, тренировочный процесс которых характеризуется сочетанием аэробных и анаэробных проявлений, превалировала активность парасимпатического отдела ВНС, что обеспечивало более высокую степень адаптации ССС [28].

В клинической медицине КРГ применяют для определения тяжести и объективизации состояния, прогнозирования течения и исхода болезни, дополнительного подтверждения эффективности терапии. Наиболее широко это используется в кардиологии. Уже на этапе массовых осмотров анализ вегетативной регуляции СР позволяет выявить лиц группы риска по ишемической болезни сердца (ИБС), так как установлено, что  $КВ < 4\%$  ассоциируется с появлением клинической картины ИБС [21], симптомов недостаточности кровообращения [2]. Предлагается по результатам осмотров формировать группы пациентов, нуждающихся в углубленном обследовании для исключения ИБС.

Вариабельность сердечного ритма у больных артериальной гипертензией и гипертрофией левого желудочка, не осложненной ИБС, снижена. При спектральном анализе данных холтеровского мониторинга выявлено уменьшение суточных колебаний ритма, свидетельствующее о подавлении парасимпатического тонуса. Об ослаблении парасимпатического или усилении симпатического влияния свидетельствовало и снижение вклада высокочастотных составляющих, увеличение соотношения низко- и высокочастотных составляющих ритма при дилатационной кардиомиопатии [48].

Отмечена более низкая выживаемость пациентов с хронической сердечной недостаточностью и наличием тяжелых желудочковых нарушений ритма при спектральной мощности высокочастотного диапазона менее 7 мс и стандартном отклонении R-R менее 30 мс при фракции выброса левого желудочка менее 40% [56]. Назначение  $\beta$ -блокаторов этой категории больных приводит к восстановлению симпатической

и частично парасимпатической модуляции вариабельности R-R.

У пациентов с инфарктом миокарда (ИМ) в анамнезе частотно-временная организации СР может использоваться с прогностической целью. Снижение вариабельности СР - признак нарушения вегетативного контроля сердечной деятельности, неблагоприятен для прогноза. Самые низкие значения его регистрировались у пациентов с фибрилляцией желудочков в анамнезе [17]. Перед началом пароксизма мерцаний предсердий у пациентов без органических заболеваний сердца было установлено достоверное преобладание вагусной активности. Наиболее чувствительными предикторами внезапной смерти принято считать снижение вариабельности СР [54], сочетание низких значений стандартного отклонения R-R и наличие поздних потенциалов желудочков [61]. При анализе состояния ССС и ВНС у этой категории больных нельзя забывать о различном представительстве симпатической и парасимпатической иннервации в миокарде, что освещено в обзоре Д.И.Жемайтиса [24]. Сдвиги вегетативной регуляции СР при ИМ будут связаны в определенной степени с локализацией патологического процесса, т.е. с локализацией возможного прерывания пути нервного проведения через аксоны в зоне ИМ.

До настоящего момента не существует единого мнения о направленности изменений вегетативного гомеостаза как причине аритмий. Для физиологических реакций характерны сбалансированность симпатических и парасимпатических влияний на ритм сердца, а также реципрокные взаимоотношения центров регуляции [58]. Нарушение реципрокности во время психологического стресса (перенесенный ИМ) с одновременным усилением симпатических и парасимпатических влияний на миокард предрасполагает к нарушениям ритма. Существуют и другие точки зрения, в соответствии с которыми причиной нарушения СР является повышенная активность симпатической нервной системы [38,57] или функциональная денервация сердца, проявляющаяся значительным снижением активности обоих отделов ВНС [61]. У больных с рефрактерной к антиаритмическим препаратам тахикардией в межприступный период функциональное состояние ВНС определялось гиперфункцией ее симпатического отдела на фоне неадекватной вегетативной реактивности и неустойчивостью адренергических и холинергических влияний [36].

Картина изменений вегетативной регуляции СР при заболеваниях ССС многогранна. При изменениях КРГ и ее спектральных характеристик в каждом конкретном случае необходимо учитывать возраст, пол исследуемого, уровень его тренированности, наличие факторов риска ИБС и наличие самой ИБС с учетом локализации поражения коронарных сосудов (например, при ИМ) и сократительной функции миокарда. Меняют реактивность ВНС и целый ряд внешних факторов, в том числе и никотин, обладающий стимулирующим влиянием на ганглии ВНС.

Остается малоизученной проблема функционального состояния ВНС при бронхолегочной патологии и влияния изменений вегетативного гомеостаза на течение заболеваний органов дыхания. Актуальность

этой проблемы в пульмонологии объясняется широким использованием бронхолитических препаратов, оказывающих терапевтический эффект посредством влияния на ВНС.

При хроническом необструктивном бронхите вегетативная регуляция сердца характеризуется нарушением функциональной активности сегментарных отделов ВНС с преобладанием симпатико- и нормотонии, недостаточным вегетативным обеспечением деятельности (ВОД), снижением реактивности симпатического отдела [23]. Установлена отчетливая зависимость состояния ВНС от выраженности бронхообструктивного синдрома при хроническом obstructивном бронхите (ХОБ): по мере прогрессирования бронхообструктивного синдрома нарастают и сдвиги вегетативного гомеостаза от вегетативного равновесия до умеренного или резкого преобладания напряжения симпатического отдела [55]. По данным других исследователей, симпатикотония определялась на фоне ХОБ только у молодых лиц с анамнезом заболевания до 5-8 лет. Среди больных старше 45 лет с длительным анамнезом и частыми обострениями возрастало число случаев снижения симпатической регуляции. Для больных хроническим бронхитом, особенно ХОБ, характерно перенапряжение центральных регуляторных механизмов, что свидетельствует о наступающем истощении адаптивных возможностей аппарата кровообращения и является одним из ранних признаков легочно-сердечной недостаточности. Истощение симпатической регуляции подтверждалось у этой группы больных снижением симпатической реактивности. При ХОБ уменьшалась и парасимпатическая реактивность [23].

У большинства больных бронхиальной астмой (БА) преобладает влияние симпатического отдела ВНС [44]. Аналогичные результаты представлены и в других исследованиях, но только у больных с инфекционно-зависимым вариантом БА [23]. У этой категории больных диагностировалось значительное напряжение и перенапряжение регуляторных механизмов, сужение адаптивных возможностей сердца уже на начальных этапах заболевания. В целом, по мере нарастания тяжести заболевания снижалась роль ВНС в регуляции СР. Об истощении регуляторных влияний ВНС свидетельствовало резкое снижение реакции сердечного ритма на  $\beta$ -агонисты и эуфиллин, обнаруженное у больных БА средней и тяжелой степени. При атопической бронхиальной астме адаптивные возможности сегментарного отдела ВНС оставались достаточно высокими.

По данным Е.Ю.Гашиновой [14], изучавшей состояние ВНС у больных ХОБ и БА, нарушения со стороны симпатического отдела диагностировались у 31,4% пациентов, а парасимпатического - у 68,6%. В связи с этим автор рекомендует использовать дифференцированное назначение холинолитиков и  $\beta_2$ -адреномиметиков при лечении obstructивных заболеваний легких. И в других исследованиях отмечался более выраженный положительный терапевтический эффект при лечении БА в случае использования вегетокорректоров (Магне В<sub>6</sub>, амитриптилин) [26, 29]. Описан положительный эффект при БА на состоянии

вегетативной регуляции интервальной гипоксической тренировки [10].

В доступной нам литературе найдена лишь одна работа, посвященная оценке вегетативной регуляции СР при острой пневмонии [15]. В разгар заболевания происходит подавление вагусно-холинергического режима регуляции сердца, активизация симпатических влияний и централизация управления ритмом. Автор считает, что обнаруженное усиление активности вегетативных центров высшего порядка в этот период носит компенсаторный характер и находится в прямой зависимости от тяжести состояния больных. Обоснована на основании оценки гемодинамических и ритмографических параметров возможность разработки индивидуальных программ восстановительного лечения.

Оценка функционального состояния ВНС посредством кибернетического анализа СР во время беременности не получила широкого распространения. Это вызывает некоторое удивление, так как роль ВНС в координации и обеспечении компенсаторно-приспособительных реакций на психические и физические нагрузки, в том числе адекватного уровня адаптационных процессов в функциональной системе "мать-плод" несомненна, а методика высокоинформативна, безопасна для здоровья и необременительна для пациентов.

Исследования вегетативной регуляции сердца на протяжении неосложненной беременности (62 наблюдения) позволили установить, что у основной массы обследованных имело место вегетативное равновесие, вегетативное обеспечение соответствовало "условной норме", степень напряжения центральных регуляторных механизмов была оптимальной [8, 9], несколько иные результаты получены при оценке состояния ВНС в конце неосложненной беременности (38-41 неделя гестации). При этом использовались не анализ волновой структуры СР, а специальные таблицы [13]. Автор установил, что накануне физиологических родов у женщин преобладал тонус парасимпатического отдела ВНС с незначительной симпатикотонией в ССС и усилением гормонального звена симпатико-адреналовой системы. Как показал ретроспективный анализ, в группе женщин с физиологическим течением беременности, у которых роды были осложнены дискоординированной сократительной деятельностью матки, накануне родов преобладало симпатическое влияние ВНС.

Изменения состояния регуляторных механизмов при таком осложнении течения беременности как ОПГ-гестоз коррелировали с тяжестью последнего. Если при нефропатии легкой степени в вертикальном положении чаще (68%) преобладал симпатический вегетативный тонус, а в горизонтальном - смешанный (65%) или наблюдалось одновременное усиление активности как симпатического, так и парасимпатического отделов ВНС на фоне недостаточного ВОД и оптимальной степени напряжения центральных регуляторных механизмов, то при нефропатии средней степени тяжести определялось одновременное усиление активности обоих отделов ВНС, ВОД оценивалось как избыточное, а напряжение центральных регуляторных механизмов - значительное

[9]. Таким образом, при нарастании тяжести гестоза реализация защитно-приспособительных реакций осуществляется при патологически повышенном вегетативном напряжении с истощением потенциала ВНС, что в конечном итоге приводит, особенно в условиях стресса (роды) к явлениям срыва адаптации (эклампсия, развитие органной недостаточности, маточное кровотечение, шок). Изменения со стороны ВНС необходимо учитывать при решении вопроса о применении обезболивающих, седативных или стимулирующих средств [52].

У большинства беременных с нейроциркуляторной дистонией по гипертоническому типу диагностировался смешанный вегетативный тонус, ВОД было нормальным, а состояние высших вегетативных центров чаще всего оценивалось как оптимальное. На фоне присоединения ОПГ-гестоза ВОД становилось ближе к избыточному, а напряжение центральных регуляторных механизмов становилось значительным [9].

Нами произведена попытка оценить состояние регуляторных механизмов у беременных с заболеваниями органов дыхания, так как сведений об этом в литературе найти не удалось. В своей работе мы использовали алгоритм диагностики функционального состояния сердца по результатам математического анализа СР с использованием активной ортостатической пробы и фармакологических проб, разработанный В.В.Крысановым под руководством профессора Б.И.Гельцера [31,32], апробированный целым рядом исследователей [9,23,40].

На основании обследования 140 беременных с патологией дыхательной системы установлено, что в отличие от здоровых женщин, у беременных с заболеваниями органов дыхания наличие смешанного вегетативного тонуса, т.е. оптимального баланса между симпатическим и парасимпатическим отделами ВНС было только в 39,3%. В 49,3% наблюдений диагностировано преобладающее влияние симпатического отдела ВНС, что характерно для функционирования ВНС в условиях стрессовых ситуаций, требующих для поддержания необходимого уровня гемодинамики усиления влияния ЦНС. Это подтверждается наличием отчетливых признаков перенапряжения центральных регуляторных механизмов, неустойчивостью регуляции СР и более низким хронотропным резервом миокарда на протяжении всей беременности у симпатикотоников. Как уже подчеркивалось выше [13], нарушение вегетативного равновесия чревато осложнениями в родах даже при физиологическом течении беременности. Различные осложнения в родах описаны при нарушении вегетативных регуляторных реакций и на фоне ОПГ-гестоза [51].

Одной из актуальных задач современной медицины остается снижение перинатальной заболеваемости и смертности. Решение этой задачи невозможно без объективной оценки состояния плода, позволяющей своевременно проводить корректирующие мероприятия. Одним из перспективных направлений для достижения этой цели является использование КРГ, которая, с учетом других сведений о состоянии плода, может оказать клиницисту существенную помощь в

выборе правильной тактики ведения беременности и родов [20]. Волновая структура КРГ плода имеет выраженное сходство с таковой у взрослых и аналогичную природу [37], что облегчает интерпретацию получаемых результатов и позволяет прогнозировать состояние в постнатальном периоде. Авторы [20] подчеркивают высокую диагностическую ценность автоматического анализа КРГ, позволяющего дифференцировать состояния плода (удовлетворительное или неудовлетворительное) во время беременности практически в 100%, а степень выраженности нарушений его состояния уточнить в 92% исследований и рекомендуют этот метод для использования в качестве скринингового. Иное мнение по поводу необходимости для получения объективной информации продолжительности исследования СР плода было высказано в работе И.И.Евсюковой [22]. Автор обосновывала необходимость длительного, не менее часа, исследования СР плода. Детальный анализ состояния вегетативной регуляции СР плода проведен другой группой исследователей [18], которые использовали математический анализ СР для оценки адаптационно-компенсаторных возможностей плода. Разработав ориентировочные нормативы ряда показателей КРГ для плодов "нормальной" массы (3000-3999 г), они установили особенности вегетативной регуляции СР для крупных плодов. У последних даже в покое диагностировано развитие функционального напряжения механизмов адаптации, о чем свидетельствовало снижение активности парасимпатического отдела ВНС и усиление активности адренергических механизмов регуляции. Это подтверждалось и результатом исследований с использованием функциональной пробы (15-секундная задержка дыхания на выдохе), после которой выявленные изменения становились еще более демонстративными. Такой тип реагирования с переходом на более высокий уровень управления свидетельствует, по мнению исследователей, о том, что организм находится в состоянии адаптивной перестройки и характеризуется неоптимальным уровнем регулирования. Последнее указывает на снижение адаптационно-компенсаторных возможностей. Полученные результаты позволили авторам для снижения перинатальной смертности рекомендовать изменение обычной тактики родоразрешения и расширить показания к операции кесарева сечения.

На фоне одного из наиболее часто встречающихся осложнений течения беременности - ОПГ-гестоза - существенно нарушается адаптационная подготовка плода к внеутробному существованию. Установлено [52], что по мере нарастания тяжести гестоза снижается эффективность регуляторных влияний на СР, эти влияния становятся неэффективными уже при среднетяжелом гестозе. При усугублении тяжести гестоза и присоединении гипоксии плода происходит переключение управления ритмом сердца с автономного контура регуляции на центральный, т.е. возрастает напряжение высших вегетативных центров с последующим их истощением, что свидетельствует о чрезмерной нагрузке на защитно-приспособительные механизмы. Ухудшение состояния плода сопровождается снижением вариабельности СР и увеличением числа интервалов R-R одинаковой длительности,

снижается модулирующее влияние дыхательной системы на СР, исчезает дыхательная аритмия, наличие волн которой свидетельствует о благополучии плода [47,59].

Математический анализ систем регуляции вариабельности СР, основанный на высокой технологичности регистрации информационно насыщенного сигнала, является универсальным методическим подходом для изучения функционального состояния ССС, ВНС и целостного организма и позволяет получить оперативную диагностическую информацию о пациенте.

Характеристики СР могут служить не только в качестве показателей оценки функционального резерва ССС, но и использоваться в качестве контроля развития болезни, медикаментозного или немедикаментозного восстановительного лечения, меры контроля физической тренированности. Целесообразно использовать их и для оценки степени влияния некоторых факторов риска или качества профилактических мероприятий. Тесная корреляционная связь некоторых количественных характеристик СР с возможными осложнениями на фоне патологического процесса (например, нарушения ритма сердечных сокращений, синдром внезапной смерти после перенесенного острого инфаркта миокарда) позволяет прогнозировать течение основного заболевания. Несомненными достоинствами метода являются неинвазивность, необременительность для пациентов, отсутствие негативного воздействия на организм, что определяет возможность его широкого применения во всех областях медицины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В.И. Кардиоритм в оценке функционального состояния организма при выполнении физической нагрузки//Теория и практика физической культуры.- 1994.- №1.- С.5-8.
2. Андреев А.Н., Вараксин А.Н., Думан В.Л., Изможерова Н.В., Попов А.А., Живодеров А.А., Горбич Л.Г. Значение вариационной пульсометрии в диагностике ишемической болезни сердца при массовых осмотрах населения//Клиническая медицина.- 1997.- №12.- С.26-29.
3. Баевский Р.М. К проблеме прогнозирования состояния человека в условиях длительного космического полета//Физиологический журнал СССР.- 1972.- №6.- С.819-827.
4. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии.- М.: Медицина, 1979.- 296 с.
5. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе.- М.: Наука, 1984.- 220 с.
6. Безруких М.М. Особенности регуляции сердечного ритма у школьников 13-16 лет под влиянием учебных занятий//Физиология человека.- 1989.- Т.15, №2.- С.85-88.
7. Белогубец В.И., Полевая Т.Ю., Афонская Н.И., Сметнев А.С. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у больных ИБС с желудочковыми аритмиями при терапии обзиданом//Терапевтический архив.- 1994.- Т.66, №8.- С.32-34.
8. Бондаренко В.В., Крысанов В.В. Структура сердечного ритма у беременных с синдромом артериальной гипертензии//Проблемы клинической, профилактической и экспериментальной медицины на Дальнем Востоке: Труды науч.конфер.- Владивосток, 1994.- С.136.
9. Бондаренко В.В. Вегетативная регуляция сердца и состояние гемодинамики у беременных женщин с синдромом артериальной гипертензии: Автореф. дис... канд. мед. наук.- Владивосток, 1995.- 26 с.
10. Васенко Ю.Ю., Геппе Н.А., Глазачев О.С., Ткачук Е.Н. Влияние интервальной гипоксической тренировки на вегетативную регуляцию ритма сердца у детей с бронхиальной астмой// 8 Национальный конгресс по болезням органов дыхания: Сб. резюме.- М., 1998.- П.136.
11. Вебер В.Р., Гаевский Ю.Г. О регуляции сердечного ритма в покое и при ортостазе//Физиология человека.- 1982.- Т.8, №2.- С.258-261.
12. Вебер В.Р., Гаевский Ю.Г., Карибаев К.Р. Вегетативные, кардио- и гемодинамические показатели у здоровых мужчин, представителей коренного и некоренного населения Казахстана//Терапевтический архив.- 1985.- Т.57, №1.- С.35-37.
13. Газазян М.Г. Особенности вегетативного тонуса у беременных накануне физиологических родов и родов, осложненных дискоординированной сократительной деятельностью матки//Акушерство и гинекология.- 1987.- №4.- С.9-12.
14. Гашинова Е.Ю. Зависимость уровня тревожности от состояния вегетативной нервной системы у больных хроническими obstructивными заболеваниями легких// 8 Национальный конгресс по болезням органов дыхания: Сб. резюме.- М., 1998.- 1.43.
15. Гельцер Б.И. Вегетативная регуляция синусового ритма и состояние гемодинамики у здоровых и больных острой пневмонией в молодом возрасте: Автореф. дис... канд. мед. наук.- Владивосток, 1987.- 22 с.
16. Городниченко Э.А. Оценка влияния изометрической нагрузки по показателям ритма сердца//Физиология человека.- 1991.- Т.17, №6.- С.35-41.
17. Голощапов О.А., Ершова Л.С., Шагненко А.Б. Вариабельность ритма сердца: описание метода и применение в клинической практике// Дальневосточный медицинский журнал.- 1998.- №2.- С.86-88.
18. Грищенко В.И., Щербина Н.А., Нерадовская О.В. Применение математического анализа сердечного ритма в оценке адаптационно-компенсаторных возможностей плода//Акушерство и гинекология.- 1990.- №1.- С.63-65.
19. Гринене Э., Вайткевичус В.-Ю., Марачинскене Э., Линдешене Д., Бурнейкене В. Возрастные особенности регуляции сердечного ритма у школьников 7-12 лет//Физиология человека.- 1982.- Т.8, №6.- С.957-961.
20. Демидов В.Н., Логвиненко А.В., Печорский В.Л., Рязанов А.И. Значение автоматического анализа кардиоинтервалограмм в оценке состояния плода во время беременности//Вопросы охраны материнства и детства.- 1989.- №3.- С.35-38.

21. Думан В.Л. Применение математических методов анализа сердечного ритма для оценки экстракардиальной регуляции у больных ишемической болезнью сердца и прогнозирования терапевтического эффекта бета-адреноблокаторов: Автореф. дис... канд. мед. наук.- Свердловск, 1984. - 18 с.
22. Евсюкова И.И. Особенности формирования сердечного ритма у плодов и новорожденных детей//Акушерство и гинекология.- 1985.- №4.- С.17-20.
23. Евтушевская Е.В. Вегетативная регуляция сердца у больных хроническим бронхитом и бронхиальной астмой: Автореф. дис... канд. мед. наук.- Владивосток, 1996. - 22 с.
24. Жемайтите Д.И. Связь реакции сердечного ритма на пробу активного ортостаза с характеристиками центральной гемодинамики // Физиология человека.- 1989.- Т.15, №2.- С.30-47.
25. Жемайтите Д., Кебезенас А., Мартинкенас А., Подлипските А., Варонекас Г., Жилюкас Г. Зависимость характеристик сердечного ритма и кровотока от возраста у здоровых и больных заболеваниями сердечно-сосудистой системы // Физиология человека.- 1998. - Т.24, №6.- С.56-65.
26. Зеленская В.В., Елкина Т.Н., Степанова Л.Ф., Филатова Т.А., Сурувикина Е.А. Коррекция вегетативных дисфункций у детей с бронхиальной астмой на фоне дисплазии соединительной ткани // 8 Национальный конгресс по болезням органов дыхания: Сб. резюме.- М., 1998.- IV. 26.
27. Казин Э.М., Рифтин А.Д., Федоров А.И., Панферов В.А., Шорин Ю.П. Автоматизированные системы в комплексной оценке здоровья и адаптивных возможностей человека//Физиология человека. - 1990. - Т.16, №3.- С.94-100.
28. Казин Э.М., Панферов В.А., Рифтин А.Д., Ходаковский А.Н., Хмырин А.А. Опыт использования автоматизированных систем для оценки функциональных особенностей организма. Сообщение II. Показатели вегетативной регуляции у спортсменов различной специализации и уровня работоспособности организма// Физиология человека.- 1991.-Т.17, №2.- С.135-140.
29. Константинович Т.В. Повышение эффективности реабилитации больных бронхиальной астмой путем коррекции вегетативных расстройств// 8 Национальный конгресс по болезням органов дыхания: Сб. резюме.- М., 1998.- I.81.
30. Коркушко О.В., Шатило В.Б. Особенности переходного процесса сердечного ритма при активной ортостатической пробе у людей пожилого и старческого возраста//Физиология человека.- 1989.- Т.15, №4.- С.29-34.
31. Крысанов В.В., Гельцер Б.И. Аппаратно-программный комплекс для исследования сердечно-сосудистой системы "ВОСТОК"//Сб. трудов междунар. конф. "Экологические и медико-гигиенические аспекты антропогенных аварий и защита человека".- М, 1993.- С.38.
32. Крысанов В.В. Методы математического анализа сердечного ритма и исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы: Автореф. дис... канд.физ.-мат.наук.- Владивосток, 1994.- 18 с.
33. Крысанов В.В. Аппаратно-программный комплекс для исследования сердечно-сосудистой системы//Сб. трудов Всероссийской научно-техн. конф. "Аппаратно-программные средства диагностики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний".- Самара, 1994.- С.31.
34. Кутерман Э.М., Хаспекова Н.Б. Ритм сердца при пробе 6 дыханий в минуту//Физиология человека.- 1992.- Т.18, №4.- С.52-55.
35. Кутерман Э.М. Методика исследования и автоматического анализа регуляции ритма сердца//Физиология человека.- 1996. - Т.22.- С.128-131.
- 36.Купновицкая И.Г., Бобров В.А., Залесский В.Н. Вегетативный статус и нейрогуморальная регуляция у больных с рефрактерной тахикардией//Врачебное дело.- 1996.- №1.- С.53-56.
37. Манелис Э.С., Калакутский Л.И., Конюхов В.Н. Современные проблемы мониторинга в анестезиологии и интенсивной терапии// Матер. конф. с международным участием.- М., 1986.- С.22-23.
38. Меерсон Ф.З. Аритмическая болезнь сердца//Кардиология.- 1993.- №8.- С.41-43.
39. Миронова Т.Ф., Мионов В.А. Возрастные особенности вегетативной регуляции синусового ритма сердца в норме и патологии//Физиология человека.- 1993.- Т.19, №2.- С.84-90.
40. Мокшина М.В. Вегетативная регуляция сердца при синдромах артериальной гипертензии, сердечной и сосудистой недостаточности: Автореф. дисс...канд. мед. наук.- Владивосток, 1997.- 16 с.
41. Неверова Н.П., Аникина С.П., Амарин П.С. и др. Динамика здоровья студентов педагогического ВУЗа и учителей по данным математического анализа ритма сердца, антропометрических и психофизиологических показателей//Физиология человека.- 1996.- Т.22, №2.- С.104-107.
42. Осадчий Л.И. Положение тела и регуляция кровообращения.- М.: Медицина, 1982.- 145 с.
43. Парин В.В., Баевский Р.М. Математические методы анализа сердечного ритма.- М.: Наука, 1968.- 186 с.
- 44.Поважная Е.Л., Саралинова Г.М., Борбашев Б.Т., Рысбекова М.М. Состояние вегетативной нервной системы у больных бронхиальной астмой при различных типах погоды // Пульмонология: 8 Национальный конгресс по болезням органов дыхания: Сб. резюме.- М., 1998.- I.140.
45. Рифтин А.Д., Гельцер Б.И., Григоренко Г.Ф. Распознавание функциональных состояний организма на основе кибернетического анализа сердечного ритма (методическая разработка по клиническому применению автоматизированного комплекса на базе мини-ЭВМ «Электроника ДЗ-28»)- Владивосток, 1986.- 83 с.
46. Рифтин А.Д. Оценка функциональных резервов организма на основе анализа сердечного ритма по результатам пробы с дозированной физической нагрузкой//Физиология человека.- 1991.- Т.17, №6.- С.133-137.
47. Рымашевский Н.В., Мирущенко И.И., Михельсон А.Ф., Алексеева Н.А. Методические аспекты оценки некоторых соматических и вегетативных функций в онтогенезе.- Ростов н/Д, 1985.- С. 17.
48. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Анализ вариабельности ритма сердца// Кардиология.- 1996.- №10.- С. 87-97.

49. Салманов П.Л. Личностные особенности изменений ритмограммы сердца при сообщении о результативности деятельности//Физиология человека.- 1993.- Т.19, №5.- С.65-71.

50. Сидоренко Г.И. Ранняя инструментальная диагностика гипертонической болезни и атеросклероза.- Минск: Беларусь, 1973.- 180 с.

51. Сидорова И.С., Макарова И.О., Эдокова А.Б., Зотова Н.В., Блудов А.А. Определение вегетативного регуляторного влияния на сердечно-сосудистую систему рожениц в процессе нормального и осложненного течения родов//Акушерство и гинекология.- 1997.- №1.- С.54-58.

52. Сидорова И.С., Макарова И.О., Блудов А.А. Новый методологический подход к оценке регуляторных и защитно-приспособительных возможностей матери и плода с помощью компьютерной кардиоинтервалографии//Акушерство и гинекология.- 1998.- №4.- С.7-10.

53. Слободская Е.Р. Динамика ортоклиностаза и индивидуальные особенности сердечного ритма у детей раннего возраста // Физиология человека.- 1995.- Т.21, №2.- С. 54-60.

54. Сметнев А.С., Жаринов О.И., Чубучный В.Н. Вариабельность ритма сердца, желудочковые аритмии и риск внезапной смерти//Кардиология.- 1995.- №4.- С.49-52.

55. Соколов А.В., Якушина М.С., Якушин С.С. Взаимосвязь вегетативного гомеостаза и бронхообструктивного синдрома у больных хроническим брон-

хитом и влияние на них бронхолитической терапии сальтосом// Терапевтический архив.- 1996.- №11.- С. 70-72.

56. Степура О.Б., Остроумова О.Д., Курильченко И.Т., Панагриева О.В. Оценка автономной регуляции сердечного ритма методом анализа variability интервалов R-R (по материалам XVII и XVIII конгрессов Европейского общества кардиологов)// Клиническая медицина. - 1997.- №4.- С.57-59.

57. Ульянинский Л.С.//Международное общество по изучению сердца. Симпозиум, 3-й: Тез. докладов советской секции.- 1986.- С.86.

58. Федоров Б.М. Стресс и система кровообращения.- М.: Медицина, 1991.- 320с.

59. Цывьян П.Б., Чашин Г.В., Семаков В.В., Филимонов В.Г. Значение дыхательной аритмии в структуре сердечного ритма плода для оценки его состояния//Акушерство и гинекология.- 1986.- №3.- С.13-15.

60. Akselrod S. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control//Science.- 1984.- Vol.213.- P.220-228.

61. Farrell T.G., Bashir Y., Steinman R.C. et al. Risk stratification for arrhythmic events in postinfarction patients based on heart rate variability, ambulatory electrocardiography variables and signal-averaged electrocardiogram//J.Amer.Coll.Cardiol.-1991.- Vol.18.- P. 687-697.

62. Katona P.G., Jih R. Respiratory sinus arrhythmia: a noninvasive measure of parasympathetic cardiac control// J.Appl.Physiol. - 1975.- Vol.39.- P. 801-807.



УДК: 616.24-053.2-072.7

И.И.Шмыков, И.В.Бурлакова, Л.С.Буксман

**ИНГАЛЯЦИОННЫЙ ТЕСТ С ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДОЙ  
КАК МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ГИПЕРРЕАКТИВНОСТИ  
ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ У ДЕТЕЙ**

**РЕЗЮМЕ**

У 28 детей с острой и хронической респираторной патологией апробирован ингаляционный тест с дистиллированной водой. Установлена высокая чувствительность и безопасность метода, который может быть использован как для выявления гиперреактивности дыхательных путей, так и для контроля за эффективностью лечения.

**SUMMARY**

I.I. Shmikov, I.V. Burlakova, L.S. Buksman

**INHALATION TEST WITH DISTILLED WATER  
AS A METHOD OF REVEALING AIRWAY HYPERREACTIVITY IN CHILDREN**

Distilled water inhalation method was tested on 28 children with acute and chronic respiratory pathology. The method proved to be sensitive and safe and can be used for revealing airway hyperactivity as well as monitoring treatment.

Гиперреактивность бронхиального дерева – это повышенная реакция бронхов на воздействие различных внешних и внутренних факторов. В основе бронхиальной гиперреактивности лежат механизмы нарушения регуляторных функций, определяющих просвет бронхов, который зависит в основном от трех факторов:

- тонус гладкой мускулатуры бронхов,
- состояние слизистой оболочки бронхов,
- количество бронхиального секрета.